

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Oktober 2005 (13.10.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/095294 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C03B 37/012**,
37/027

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/002784

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. März 2005 (16.03.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 014 345.5 22. März 2004 (22.03.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **HERAEUS TENEVO GMBH** [DE/DE];
Quarzstrasse 8, 63450 Hanau (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOFMANN, Achim**
[DE/DE]; Steinhauser Strasse 17, 60599 Frankfurt An
Main (DE). **SCHMITT, Clemens** [DE/DE]; Wingerts-
weg 3, 63825 Blankenbach (DE). **VYDRA, Jan** [DE/DE]; Am
Laubersberg 13, 63456 Hanau (DE).

(74) Anwalt: **STAUDT, Armin**; Auf der Mauer 8, 63674 Al-
tenstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR THE PRODUCTION OF AN OPTICAL COMPONENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES OPTISCHEN BAUTEILS

(57) Abstract: According to a previously known method for producing an optical component from synthetic quartz glass, a coaxial arrangement comprising an outer jacket tube, an inner jacket tube that is provided with an internal bore, and a core rod whose bottom face rests on a thrust bearing within the internal bore, is fed into a heating zone in a vertical orientation, is softened therein zone by zone, and is elongated so as to obtain the quartz glass component. In order to create a simple and inexpensive method that is based on said method and makes it possible to reproducibly manufacture a high-quality optical component, the thrust bearing is embodied as a constriction of the internal bore of the inner jacket tube.

(57) Zusammenfassung: Bei einem bekannten Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils aus synthetischem Quarzglas wird eine koaxiale Anordnung - umfassend ein äußeres Mantelrohr, ein eine Innenbohrung aufweisendes inneres Mantelrohr und einen in der Innenbohrung mit seinem unteren stirnseitigen Ende an einem Widerlager aufliegenden Kernstab - in vertikaler Ausrichtung einer Heizzone zugeführt, darin zonenweise erweicht und zu dem Quarzglas-Bauteil elongiert. Um hiervon ausgehend ein einfaches und kostengünstiges Verfahren anzugeben, das eine reproduzierbare Herstellung eines optischen Bauteils hoher Qualität ermöglicht, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass das Widerlager als Verengung der Innenbohrung des inneren Mantelrohres ausgebildet ist.



WO 2005/095294 A2

Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils aus synthetischem Quarzglas, indem eine koaxiale Anordnung - umfassend ein äußeres Mantelrohr, ein eine Innenbohrung aufweisendes inneres Mantelrohr und einen in der Innenbohrung mit seinem unteren stirnseitigen Ende an einem Widerlager aufliegenden Kernstab - in vertikaler
- 10 Ausrichtung einer Heizzone zugeführt, darin zonenweise erweicht und zu dem Quarzglas-Bauteil elongiert wird.

Durch Kollabieren und Elongieren einer koaxialen Anordnung von Kernstab und mehreren den Kernstab umhüllenden Mantelrohren werden optische Bauteile in Form von Zwischenprodukten (Vorformen oder einfache Vollzylinder) für eine

15 optische Faser, oder auch unmittelbar die optische Faser hergestellt. Bei allen Verfahrensvarianten liegt ein besonderes Augenmerk auf einer möglichst exakt koaxialen Führung und Fixierung von Kernstab und Mantelrohren zueinander.

Aus der US 6,460,378 B1 ist ein Verfahren gemäß der eingangs genannten Gattung bekannt, bei dem ein Kernstab gleichzeitig mit einem inneren

20 Mantelrohr und mit einem äußeren Mantelrohr in einer vertikalen Anordnung im Rahmen eines Elongierprozesses überfangen wird. Zur Fixierung des Kernstabes wird das äußere Mantelrohr im Bereich seines unteren Endes mit einer Einschnürung versehen. Die Einschnürung dient als Widerlager für einen Haltering, der bei vertikal orientiertem äußerem Mantelrohr von oben in die

25 Innenbohrung des Mantelrohres eingeführt wird. Der Haltering hat einen Außendurchmesser, der kleiner als der Innendurchmesser des äußeren Mantelrohres, jedoch geringfügig größer als der Innendurchmesser der Einschnürung ist, so dass sich der Haltering von oben auf den Bereich der

Einschnürung auflegt. Durch die Mittelbohrung des Halterings erstreckt sich das konisch ausgebildete untere Ende des Kernstabs und bildet insoweit einen Anschlag für den Kernstab. Außerdem liegt das erste innere Mantelrohr stirnseitig auf dem Haltering auf.

- 5 Bei diesem Verfahren ist zur Fixierung der Bauteile (Kernstab und zwei Mantelrohre) zueinander die Herstellung einer Einschnürung erforderlich. Die Herstellung der Einschnürung erfordert gerade bei dem äußeren Mantelrohr, das in der Regel einen besonders großen Querschnitt und damit eine große zu erheizende Masse aufweist, einen besonders aufwändigen
- 10 Heissverformungsschritt. Darüber hinaus ist ein auf diese Einschnürung angepasstes, verlorenes Quarzglaselement in Form des Halterings erforderlich. Die vorgeschlagene Art der Halterung der einzelnen Bauteile zueinander erfordert eine möglichst exakt waagrechte Orientierung dieses Halterings, was jedoch dadurch erschwert wird, dass die Einschnürung durch glasbläserische
- 15 Techniken mit den bekannten Einschränkungen hinsichtlich der Maßhaltigkeit erzeugt wird.

- Die mittels des Halterings zueinander fixierten Bauteile werden anschließend an ihren oberen Enden miteinander verschmolzen, wobei in der Innenbohrung des äußeren Mantelrohres ein Vakuum erzeugt und aufrechterhalten wird. Hierzu ist
- 20 zur Abdichtung des Spaltes zwischen innerem und äußerem Mantelrohr ein Dichtungsring erforderlich, der auch zur Fixierung der Bauteile zueinander im oberen Bereich der Anordnung beiträgt. Zum Verschmelzen der oberen Enden ist ein zusätzlicher Heizprozessschritt erforderlich; hierbei auftretende Abweichungen von der Sollgeometrie sind später kaum noch zu korrigieren.
- 25 Die reproduzierbare Herstellung eines optischen Bauteils hoher Qualität erfordert bei dieser Verfahrensweise einen großen Fertigungs- und Zeitaufwand, um eine exakte koaxiale Anordnung und Fixierung von Kernstab und Mantelrohren zueinander vor dem Elongierprozess zu gewährleisten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein einfaches und kostengünstiges Verfahren zur Herstellung hochwertiger optischer Bauteile durch Elongieren einer coaxialen Anordnung von Kernstab und mehreren Mantelrohren anzugeben.

- 5 Diese Aufgabe wird ausgehend von dem eingangs genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Widerlager als Verengung der Innenbohrung des inneren Mantelrohres ausgebildet ist.

10 Im Gegensatz zum bekannten Verfahren ist für die Fixierung des Kernstabs weder ein Haltering, noch eine Einschnürung des Innendurchmesser beim äußeren Mantelrohr erforderlich.

Auf einen Haltering kann verzichtet werden, wodurch der Fertigungsaufwand für die Herstellung des Halterings ebenso entfällt wie die oben erläuterte Problematik, die mit einer waagerechten Orientierung des Halterings und der Fixierung von Kernstab und innerem Mantelrohr einhergehen.

- 15 Das innere Mantelrohr hat in der Regel eine geringere Masse als das äußere Mantelrohr. Die Ausbildung einer Einschnürung des Innendurchmesser beim inneren Mantelrohr ist daher weniger aufwändig und die Erzeugung einer vorgegebenen Geometrie ist technisch einfacher.

20 Für eine reproduzierbare Herstellung maßhaltiger optischer Bauteile (Stab, Vorform, Faser) erfordert das erfindungsgemäße Verfahren somit einen vergleichsweise geringeren Aufwand.

Das äußere Mantelrohr kann aus einem oder aus mehreren Rohren bestehen. Es hat auf die Lichtführung des optischen Bauteils keine wesentlichen Auswirkungen. Daher sind die Anforderungen an die optischen Eigenschaften des Quarzglas für das äußere Mantelrohr vergleichsweise gering. Das dafür benötigte Quarzglas ist daher im Vergleich zum Quarzglas für das innere Mantelrohr besonders kostengünstig herstellbar. Aus diesem Grunde wird das teurere innere Mantelrohr so dünn wie möglich, jedoch so dick wie nötig

ausgeführt. Typischerweise hat das innere Mantelrohr eine Wandstärke im Bereich von 5 bis 20 mm. Im optischen Bauteil liegt der Volumenanteil des Quarzglases, das von dem äußeren Mantelrohr stammt bei 80 % oder mehr.

5 Infolge der Verengung ist die Innenbohrung des inneren Mantelrohres ganz oder teilweise verschlossen. Bei der letztgenannten Alternative ist die Verengung mit einer axial durchgängigen Öffnung versehen, die bis zum vollständigen Kollabieren der Innenbohrung während des Elongierens eine Gasspülung der Innenbohrung erlaubt. Diese Verfahrensvariante ist daher bevorzugt.

10 Es hat sich bewährt, wenn der Kernstab einen Kernbereich mit einem Außendurchmesser „ d_K “ aufweist, der von einer Mantelglasschicht mit einem Außendurchmesser „ d_M “ umgeben ist, wobei das Verhältnis von „ d_M “ zu „ d_K “ zwischen 2 und 4, vorzugsweise zwischen 2,5 und 3,5, liegt.

15 Der Volumenanteil der kernnahen und daher besonders aufwändig herzustellenden innersten Mantelglasschicht wird aus Kostengründen zu Gunsten des übrigen, weitaus kostengünstiger herstellbaren Mantelmaterials, das beispielsweise von dem inneren Mantelrohr stammt, so gering wie möglich gehalten.

20 Vorteilhafterweise wird der Kernstab aus stoßweise aneinandergereihten Kernstabstücken gebildet.

Hierfür können für die Herstellung des Kernstabs kleinere Kernstäbe, deren Herstellung einfacher oder kostengünstiger sein kann, oder auch ausgewählte Reststücke verwendet werden.

25 Die Kernstabstücke können miteinander verschmolzen oder lose übereinander gestapelt sein. Letztere Verfahrensweise ist bevorzugt, da die Kernstabstücke einerseits einen schmalen Sicherheitsspalt zwischen Mantelrohr und Kernstab erlauben, und sich darüber hinaus infolge einer radialen Beweglichkeit innerhalb der Innenbohrung des inneren Mantelrohr beim Elongierprozess automatisch

zentrieren, sofern die Stirnflächen gegeneinander verschiebbar sind, also beispielsweise eben ausgebildet sind.

In dem Zusammenhang hat es sich bewährt, wenn ein mechanischer Anschlag vorgesehen, der eine Aufwärtsbewegung des Kernstabes entgegen der
5 Ziehrichtung beim Elongierprozess verhindert.

Der Anschlag verhindert ein „Aufschwimmen“ des Kernstabs beim Elongierprozess. Dies wirkt sich besonders bei Einsatz einer Reihe von Kernstabstücken vorteilhaft aus. Der Anschlag wird beispielsweise mittels eines durch die Wandung des inneren Mantelrohres in dessen Innenbohrung
10 hineinragenden und abziehbaren Haltestift gebildet.

Es hat sich als günstig erwiesen, wenn zwischen dem Kernstab und dem inneren Mantelrohr ein innerer Ringspalt mit einer mittleren Spaltweite im Bereich zwischen 0,5 mm und 1,5 mm vorgesehen ist.

Eine kleine Spaltweite erleichtert den Elongierprozess und gewährleistet eine
15 hohe Maßhaltigkeit (insbesondere eine geringe Ovalität) und eine geringe Exzentrizität des Kerns im optischen Bauteil.

Im Hinblick hierauf hat es sich auch bewährt, wenn zwischen dem inneren Mantelrohr und dem äußeren Mantelrohr ein äußerer Ringspalt mit einer mittleren Spaltweite von maximal 2 mm, vorzugsweise von maximal 1 mm,
20 vorgesehen ist.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das innere Mantelrohr in lateraler Richtung bewegbar gehalten.

Indem sich das innere Mantelrohr in Querrichtung zur Ziehrichtung frei bewegen kann, wird eine Selbstzentrierung beim Elongierprozess erreicht. Die laterale
25 Beweglichkeit ergibt sich durch die Art der Halterung des oberen Endes des Mantelrohres, die beispielsweise eine Verschiebung quer zur Ziehrichtung oder ein Pendeln im Sinne einer karadanischen Aufhängung ermöglicht.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, am oberen Ende des äußeren Mantelrohres einen Haltezylinder aus Quarzglas anzuschmelzen.

Der Haltezylinder besteht aus Quarzglas minderer Qualität und bildet einen Teil der Halteeinrichtung für das äußere Mantelrohr. Er ersetzt teureres Quarzglas
5 und vermindert insoweit Materialverluste. Im einfachsten Fall handelt es um einen Hohlzylinder mit den gleichen oder ähnlichen lateralen Abmessungen wie das äußere Mantelrohr.

Für die Zwecke der Halterung des äußeren Mantelrohres gestaltet sich eine Ausbildung des Haltezylinders als besonders geeignet, bei der eine Umfangsnut
10 für den Eingriff eines Greifers vorgesehen ist.

Bei einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens greift am oberen Ende des äußeren Mantelrohres eine erste Halteeinrichtung, und am oberen Ende des inneren Mantelrohres eine zweite Halteeinrichtung an, wobei die erste Halteeinrichtung und die zweite
15 Halteeinrichtung mechanisch unabhängig voneinander sind.

Bei dieser Ausführungsform können das innere Mantelrohr mitsamt dem darin angeordneten Kernstab und das äußere Mantelrohr in Ziehrichtung und quer dazu getrennt voneinander bewegt werden. Diese zusätzlichen
20 Parametereinstellungen beim Elongierprozess erleichtern die Einhaltung der vorgegeben Geometrie des optischen Bauteils.

Bei einer weiteren und gleichermaßen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens greift am oberen Ende des äußeren Mantelrohres eine erste Halteeinrichtung an, wobei das obere Ende des inneren Mantelrohres an dem äußeren Mantelrohr oder an der ersten Halteeinrichtung
25 gehalten wird.

Bei dieser Ausführungsform dient das äußere Mantelrohr gleichzeitig zur Führung und Fixierung des inneren Mantelrohres mitsamt dem darin angeordneten Kernstab. Eine separate Halteeinrichtung für die Führung und

Fixierung des inneren Mantelrohres und des Kernstabs wird dadurch vermieden.

Besonders einfach gestaltet sich in dem Zusammenhang eine
Verfahrensvariante, bei der das obere Ende des inneren Mantelrohres oder eine
5 mechanische Verlängerung des inneren Mantelrohres mit einem Außenkragen
versehen sind, der auf dem äußeren Mantelrohr oder auf einer mechanischen
Verlängerung desselben aufliegt.

Der Außenkragen ist beispielsweise als nach außen kragender Wulst oder als
nach außen ragende Aufweitung des oberen Endes des inneren Mantelrohres
10 ausgebildet, wobei zu gewährleisten ist, dass der Außenkragen so weit reicht,
dass er auf der Oberseite des äußeren Mantelrohres oder auf einer
Verlängerung desselben (beispielsweise mittels dem oben beschriebenen
Haltezylinder) aufliegt.

Vorteilhafterweise weist das innere Mantelrohr einen mittleren
15 Hydroxylgruppengehalt von weniger als 1 Gew.-ppm auf.

Je niedriger der mittlere OH-Gehalt des inneren Mantelrohres - insbesondere im
Bereich von dessen Innenbohrung - ist, um so geringer ist der durch
Hydroxylgruppen (OH-Gruppen) verursachte Dämpfungsanteil in dem optischen
Bauteil.

20 Eine weitere Verbesserung wird erreicht, wenn das innere Mantelrohr durch
Elongieren eines mechanisch auf Endmaß bearbeiteten Hohlzylinders erzeugt
wird.

Durch die mechanische Bearbeitung, die insbesondere Bohren, Schleifen und
Honen umfasst, kann unter Einsatz bekannter Schleif- und Honverfahren und
25 dafür geeigneter handelsüblicher Vorrichtungen zunächst ein dickwandiger
Quarzglas-Zylinder mit exakt definierten Abmessungen erzeugt werden.
Aufgrund des sich daran anschließenden Elongierprozesses wird aus dem
dickwandigen Zylinder ein Quarzglas-Mantelrohr erzeugt, das ein mehrfaches

der Länge des Zylinders und insbesondere eine im Schmelzfluss erzeugte, besonders glatte Innenbohrung aufweist. Diese glatte Innenoberfläche führt beim Verschmelzen mit dem Kernstab zu einer besonders defektarmen Kontaktfläche, was sich auf die Qualität des optischen Bauteils vorteilhaft auswirkt.

Im Hinblick auf die Gewährleistung exakter Abmessungen wird eine Verfahrensweise bevorzugt, bei der das äußere Mantelrohr als mechanisch auf Endmaß bearbeiteter Hohlzylinder vorliegt.

Unter einem mechanisch auf Endmaß gearbeiteten Mantelrohr im Sinne dieser Erfindung ist auch ein Mantelrohr zu verstehen, dessen Innenoberfläche mechanisch auf Endmaß bearbeitet wurde und das anschließend durch Ätzen gereinigt wird. Gleichmäßige Ätzprozesse bewirken keine wesentliche Änderung der geometrischen Endform des Hohlzylinders (wie beispielsweise eine Biegung oder eine Ovalität im Querschnitt).

Vorteilhafterweise ist äußere Mantelrohr mit einem sich nach unten verjüngenden unteren Ende ausgebildet.

Durch die einer Ziehwiebel angenäherten Form des unteren Endes des äußeren Mantelrohres wird der Start des Elongierprozesses (das Anziehen) erleichtert.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von Ausführungsbeispielen und einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen in schematischer Darstellung im einzelnen

Figur 1: eine erste Ausführungsform einer Anordnung von Kernstab, innerem Mantelrohr und äußerem Mantelrohr vor dem Elongierprozess,

Figur 2: eine zweite Ausführungsform dieser Anordnung.

Die Anordnung gemäß **Figur 1** zeigt einen Kernstab 1, der aus mehreren Teilstücken 2 aus hochreinem synthetischen Quarzglas mit einem mittleren

Hydroxylgruppengehalt von weniger als 1 Gew.-ppm besteht, und die in der Innenbohrung eines inneren Mantelrohres 3 lose aufeinander gestapelt sind.

Die Stirnseiten der Kernstab-Teilstücke 2 sind eben ausgebildet, so dass sie in lateraler Richtung innerhalb der Innenbohrung des inneren Mantelrohres 3 in gewissem Rahmen gleiten können und so zu einer Selbstzentrierung beim Elongierprozess beitragen. Die Kernstab-Teilstücke 2 bestehen jeweils aus einem Kernbereich aus germaniumdotiertem Quarzglas mit einem Außendurchmesser „ d_K “ von 11 mm, der von einem inneren Mantelbereich aus undotiertem Quarzglas umgeben ist, und der einen Außendurchmesser „ d_M “ von 28 mm hat. Das Verhältnis von „ d_M “ zu „ d_K “ liegt somit bei 2,55.

Das innere Mantelrohr 3 mit einem Innendurchmesser von 30,0 mm und einem Außendurchmesser von 50 mm ist von einem äußeren Mantelrohr 4 umgeben, dessen Innendurchmesser und Außendurchmesser 52 bzw. 150 mm betragen.

Somit verbleibt zwischen dem inneren Mantelrohr 3 und dem Kernstab 1 ein Ringspalt 12 mit einer Spaltweite, die im Mittel bei 1 mm liegt, und zwischen dem äußeren Mantelrohr 4 und dem inneren Mantelrohr 3 ein Ringspalt 13 mit einer mittleren Spaltweite von 1 mm.

Das innere Mantelrohr 3 besteht aus hochreinem, synthetisch hergestelltem Quarzglas mit einem mittleren Hydroxylgruppengehalt von 0,3 Gew.-ppm. Das Mantelrohr 3 wird durch Strecken eines mechanisch auf Endmaß bearbeiteten Hohlzylinders erzeugt, und weist daher eine im Schmelzfluss erzeugte, besonders glatte Innenbohrung mit einer mittleren Rauhtiefe (R_a -Wert) von ca. 0,2 μm auf.

Das untere Ende des inneren Mantelrohres 3 weist einen nach unten konisch zulaufenden Bereich auf, der eine Verengung 6 der Innenbohrung des inneren Mantelrohres 3 bildet. Die Verengung 6 der Innenbohrung ist derart, dass eine durchgehende Öffnung 7 mit einer Öffnungsweite von 10 mm zu der Innenbohrung verbleibt.

Auf dieser Verengung 6 sitzt das untere Ende des Kernstabs 1 auf. Die Oberseite des Kernstabs 1 wird von einem Fixierungsstab 8 gebildet, der mittels eines Pins, der durch die Wandung des inneren Mantelrohres 3 gesteckt wird und der bis in die Innenbohrung reicht, an einem „Aufschwimmen“ während des
5 unten näher erläuterten Elongierprozesses gehindert wird.

Das äußere Mantelrohr 4 ist mechanisch auf Endmaß bearbeitet und es besteht ebenfalls aus synthetisch hergestelltem Quarzglas. Das untere Ende 9 des äußeren Mantelrohres 4 läuft nach unten konisch zu, was das Anziehen beim Elongierprozess erleichtert.

10 Das äußere Mantelrohr 4 ist mittels eines angeschmolzenen Haltezylinders 10, der aus einem geringwertigen Quarzglas besteht, nach oben verlängert. Der Haltezylinder 10 ist mit einer umlaufenden Rechtecknut 11 versehen, die als Aufnahme für einen (in der Figur nicht dargestellten) ersten Greifer dient, mittels das äußere Mantelrohr 4 gehalten und bewegt wird.

15 Die Verbindungsstelle 14 von Haltezylinder 10 und äußerem Mantelrohr 4 sowie die Kontaktstelle zwischen Fixierungsstab 8 und dem obersten Kernstab-Teilstück 2 liegen auf gleicher Höhe.

Das innere Mantelrohr 3 wird mitsamt dem darin fixierten Kernstab 1 mit einem (in der Figur nicht dargestellten) zweiten Greifer gefasst und geführt, und ist
20 mittels diesem unabhängig vom äußeren Mantelrohr 4 bewegbar. Insbesondere ist der Greifer für die Halterung des inneren Mantelrohres 3 kardanisch gelagert, so dass sich eine Schwenkbarkeit des inneren Mantelrohres 3 um die kardanische Aufhängung in einer Richtung quer zur Ziehrichtung (Richtungspfeil 5) ergibt, welche zu einer Selbstzentrierung während des Elongierprozesses
25 beiträgt.

Sofern in **Figur 2** dieselben Bezugsziffern wie in Figur 1 verwendet sind, so sind damit baugleiche oder äquivalente Bauteile und Bestandteile bezeichnet, wie

sie oben anhand der Beschreibung der ersten Ausführungsform der Anordnung näher erläutert sind.

Im Unterschied zu der Anordnung von Figur 1 wird das innere Mantelrohr 3 bei der Anordnung von Figur 2 nicht mittels eines separaten Greifers gehalten und
5 geführt, sondern mittels des äußeren Mantelrohres 4. Hierzu ist das obere Ende des inneren Mantelrohres 3 mit einem nach außen weisenden Kragen 16 versehen, der auf der Oberseite des Haltezylinders 10 aufliegt.

Nachfolgend wird eine für das erfindungsgemäße Verfahren typische Verfahrensweise anhand Figur 1 näher erläutert.

10 Es werden zunächst die Kernstab-Teilstücke 2 nach dem VAD-Verfahren hergestellt. Hierzu wird durch axiale Abscheidung einer zentralen GeO_2 -dotierten Kernschicht und einer sie umgebenden undotierten SiO_2 -Schicht auf einem rotierenden Träger ein Sootkörper erzeugt, der anschließend einer
15 Dehydratationsbehandlung in einer chlorhaltigen Atmosphäre unterzogen und in einem Verglasungssofen bei einer Temperatur im Bereich um 1350°C verglast wird, so dass ein Kernstab mit einem Außendurchmesser von 28 mm und dem gewünschten Brechzahlprofil erhalten wird.

Das Gewicht eines einzelnen Kernstab-Teilstücke hängt von deren Länge ab, die sehr unterschiedlich sein kann. In der herzustellenden optischen Faser mit
20 einem Außendurchmesser von 125 μm bilden die Kernstab-Teilstücke 2 einen Kernbereich mit einem Durchmesser von ca. 8,5 μm .

Alternativ zu dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren der Kernstäbe nach dem VAD-Verfahren können dieselben auch nach dem bekannten
25 MCVD-, OVD-, PCVD- oder FCVD- (Furnace Chemical Vapor Deposition) Verfahren hergestellt werden.

In jedem Fall wird weiteres Mantelmaterial für die Ausbildung der äußeren Mantelglasschicht in Form der Mantelrohre 3 und 4 bereitgestellt, welche beim
Faserziehen auf den Kernstab 1 aufkollabiert werden. Die Herstellung der

Mantelrohr 3, 4 erfolgt anhand eines üblichen OVD-Verfahrens ohne Zusatz eines Dotierstoffs.

Die Außenwandung der erhaltenen Quarzglasrohre wird mittels Umfangseinstech- bzw. -längssschleifen in mehreren Arbeitsgängen unter
5 Verwendung sukzessiv feinerer Korngrößen auf die gewünschte Außenabmessung abgeschliffen. Ebenso wird die Innenbohrung mittels eines Bohrers aufgebohrt und zum Zwecke einer hochpräzisen Endbearbeitung hinsichtlich Form und Oberflächenbeschaffenheit durch Honen nachbearbeitet. Es wird so eine in Längsachsenrichtung verlaufende, gerade Bohrung mit einem
10 genau kreisförmigen Querschnitt erhalten. Um Oberflächenspannungen abzubauen und um Beschädigungen durch die Oberflächenbearbeitung zu entfernen, wird das jeweilige Quarzglasrohr in einem Flusssäurebad, dessen HF-Konzentration zwischen 5 % und 30 % liegt, kurz geätzt.

Das so erhaltene Quarzglasrohr wird auf das zwölfwache seiner Ausgangslänge
15 elongiert, so dass ein inneres Mantelrohr 3 mit den oben genannten Abmessungen erhalten wird. Das untere Ende des inneren Mantelrohres 3 wird anschließend unter Ausbildung der Verjüngung 6 erweicht.

Auf ähnliche Weise wird das äußere Mantelrohr 4 hergestellt, wobei auf den Elongierschritt und auf die Ausbildung einer Verjüngung verzichtet wird. Der
20 konische Bereich 9 des äußeren Mantelrohres 4 wird durch mechanische Bearbeitung erzeugt. Der mit der Umfangsnut 11 versehene Haltezylinder 10 wird an das obere Ende des äußeren Mantelrohres 4 angeschmolzen.

Die Innenbohrung des inneren Mantelrohres 3 wird mit Kernstab-Teilstücken 2 und dem Fixierungsstab 8 aufgefüllt, wobei die Einführung der Kernstab-
25 Teilstücke 2 wegen deren kurzen Längen erleichtert wird. Das innere Mantelrohr 3 wird anschließend mit einem Greifer verbunden, der am oberen Ende des Mantelrohres 3 angreift und in das äußere Mantelrohr 4 eingesetzt. Auch das äußere Mantelrohr 4 wird mittels eines weiteren Greifers erfasst, der in die Umfangsnut 11 einareift.

Diese koaxiale Anordnung von Kernstab 1, innerem Mantelrohr 3 und äußerem Mantelrohr 4 wird anschließend in vertikaler Ausrichtung mit dem unteren Ende beginnend in einem ringförmigen Ofen zonenweise auf eine Temperatur um 2050 °C erweicht und dabei eine optische Faser aus dem erweichten Bereich
5 abgezogen. Solange das untere Ende der Anordnung noch nicht erweicht und kollabiert ist, wird über den Spalt 12, den Spalt 13 sowie über die Innenbohrung und die Öffnung 7 ein Stickstoff-Spülgasstrom geleitet, der das Eindringen von Verunreinigungen vermeidet.

Zu Beginn dieses Ziehverfahrens liegen die Kernstab-Teilstücke 2 auf der
10 Verengung 6 des inneren Mantelrohres 3 auf. Sowohl die Kernstab-Teilstücke 2, als auch das innere Mantelrohr 3, als auch das äußere Mantelrohr 4 sind unabhängig voneinander quer zur Ziehrichtung 5 bewegbar, was zu einer Selbstzentrierung der Anordnung während des Elongierprozesses beiträgt.

Aus dem erweichten und kollabierten Bereich der Anordnung wird eine optische
15 Faser mit einem Außendurchmesser von 125 µm abgezogen. Auf ähnliche Weise wird eine Vorform für eine optische Faser erzeugt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils aus synthetischem Quarzglas, indem eine koaxiale Anordnung - umfassend ein äußeres
5 Mantelrohr, ein eine Innenbohrung aufweisendes inneres Mantelrohr und einen in der Innenbohrung mit seinem unteren stirnseitigen Ende an einem Widerlager aufliegenden Kernstab - in vertikaler Ausrichtung einer Heizzone zugeführt, darin zonenweise erweicht und zu dem Quarzglas-Bauteil elongiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Widerlager als Verengung
10 der Innenbohrung des inneren Mantelrohres ausgebildet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verengung mit einer axial durchgängigen Öffnung versehen ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
15 der Kernstab einen Kernbereich mit einem Außendurchmesser „ d_K “ aufweist, der von einer Mantelglasschicht mit einem Außendurchmesser „ d_M “ umgeben ist, wobei das Verhältnis von „ d_M “ zu „ d_K “ zwischen 2 und 4, vorzugsweise zwischen 2,5 und 3,5, liegt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
20 gekennzeichnet, dass der Kernstab aus stoßweise aneinandergereihten Kernstabstücken gebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernstabstücke lose übereinander gestapelt sind.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
25 gekennzeichnet, dass ein mechanischer Anschlag vorgesehen ist, der eine Aufwärtsbewegung des Kernstabs entgegen der Ziehrichtung verhindert.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Kernstab und dem inneren Mantelrohr ein innerer Ringspalt mit einer mittleren Spaltweite im Bereich zwischen 0,5 mm und 1,5 mm vorgesehen ist.
- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem inneren Mantelrohr und dem äußeren Mantelrohr ein äußerer Ringspalt mit einer mittleren Spaltweite von maximal 2 mm, vorzugsweise von maximal 1 mm, vorgesehen ist.
- 10 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das innere Mantelrohr in lateraler Richtung bewegbar gehalten ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am oberen Ende des äußeren Mantelrohres ein Haltezylinder aus Quarzglas angeschmolzen ist.
- 15 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Haltezylinder eine Umfangsnut für den Eingriff eines Greifers aufweist.
- 20 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass am oberen Ende des äußeren Mantelrohres eine erste Halteeinrichtung angreift, und dass am oberen Ende des inneren Mantelrohres eine zweite Halteeinrichtung angreift, wobei die erste Halteeinrichtung und die zweite Halteeinrichtung mechanisch unabhängig voneinander sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass am oberen Ende des äußeren Mantelrohres eine erste Halteeinrichtung angreift, und dass das obere Ende des inneren Mantelrohres an dem äußeren Mantelrohr oder an der ersten Halteeinrichtung gehalten wird.
- 5 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das obere Ende des inneren Mantelrohr oder eine mechanische Verlängerung des inneren Mantelrohres mit einem Außenkragen versehen sind, der auf dem äußeren Mantelrohr oder auf einer mechanischen Verlängerung desselben aufliegt.
- 10 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das innere Mantelrohr einen mittleren Hydroxylgruppengehalt von weniger als 1 Gew.-ppm aufweist.
- 15 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das innere Mantelrohr durch Elongieren eines mechanisch auf Endmaß bearbeiteten Hohlzylinders erzeugt wird.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das äußere Mantelrohr als mechanisch auf Endmaß bearbeiteter Hohlzylinder vorliegt.
- 20 18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das äußere Mantelrohr mit einem sich nach unten verjüngenden unteren Ende ausgebildet ist.

